

MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO PRESSO LE SCUOLE DEL COMUNE DI PARMA E DEFINIZIONI DELLE PRIORITA' DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

Enrico Armelloni¹, Luca Pasini², Angelo Farina³

¹Dip. di Ingegneria, Università di Ferrara, via Saragat 1, 44100 Ferrara, enrico.armelloni@unife.it

²Silent Studio s.n.c., via Tanara 9, 43100 Parma, silentstudio@tin.it

³Dip. di Ingegneria Industriale, Università di Ferrara, via delle Scienze 181/a, 43100 Parma, farina@unipr.it

SOMMARIO

Il lavoro riguarda il monitoraggio del clima acustico delle scuole di proprietà del Comune di Parma e l'analisi dei dati acquisiti al fine di determinare una classifica di priorità per gli interventi di mitigazione da eseguire nei vari plessi scolastici.

Lo studio, concentrato sia sugli spazi interni utilizzati per scopi didattici che sulle aree cortilizie a disposizione degli alunni, è stato suddiviso in varie fasi. Inizialmente si è provveduto alla raccolta dei dati fonometrici nelle scuole, elaborati successivamente al fine di individuare l'influenza del rumore esterno sul clima acustico interno dell'edificio. Obiettivo della terza fase è stato quello di definire l'indice di priorità degli interventi di risanamento sia dei locali (*IP Interno*) che delle aree esterne a disposizione degli scolari (*IP Esterno*). Le indicazioni fornite D.M. 29/11/2000, sono state integrate con altre informazioni relative alla condizione globale dei serramenti (qualità e stato di conservazione), in modo che l'IPI fosse "pesato" in funzione della tipologia di serramento. Questo nuovo criterio è stato introdotto al fine ottimizzare l'impiego dei fondi destinati al risanamento dell'edilizia scolastica, concentrando gli sforzi (almeno in una prima fase di intervento) sulle scuole con serramenti scadenti ed obsoleti. Una valutazione analoga è stata condotta sull'IPE, evidenziando quali scuole possedessero un cortile interno o protetto.

INTRODUZIONE

Questa studio ha avuto come oggetto il monitoraggio del clima acustico nelle scuole materne, elementari e medie inferiori di proprietà del Comune di Parma e la determinazione di un ordine di priorità per gli eventuali interventi di mitigazione e bonifica acustica che dovessero rendersi necessari per la riduzione dell'inquinamento acustico di tali aree.

La campagna di monitoraggio e le successive analisi per determinare la necessità di interventi di bonifica degli edifici comunali, si sono concentrate sulle scuole, in quanto queste sono tra le strutture maggiormente tutelate dalle vigenti normative in materia di acustica ambientale. Per contro, nella maggior parte dei casi, gli istituti scolastici sono inseriti in aree urbane densamente popolate, con attività commerciali o ancora in prossimità di strade con elevato traffico veicolare. Proprio quest'ultimo, nel corso dell'indagine, si è dimostrato essere la fonte di rumore predominante tra quelle responsabili dell'inquinamento acustico negli edifici scolastici visitati.

Questa apparente contraddizione tra la necessità di massima tutela che la legislazione impone e la dislocazione degli istituti nel tessuto urbano del Comune può essere ricondotta al fatto che le sedi dei plessi scolastici, nella maggior parte dei casi, erano state individuate diverse decine di anni fa, quando non era facilmente prevedibile né lo sviluppo urbanistico della città, né l'incremento del traffico veicolare fino alle condizioni odierne.

Per porre rimedio a queste situazioni di conflitto tra realtà e disposizioni legislative, si è quindi provveduto ad eseguire una serie di rilievi fonometrici all'esterno ed all'interno delle scuole di proprietà del Comune di Parma, al fine di determinare il clima acustico delle aree cittadine in cui sono posizionate e valutarne le implicazioni sul comfort acustico

degli spazi destinati agli alunni per lo svolgimento di attività didattiche e ludiche, siano essi interni o esterni all'edificio scolastico.

Si è stabilito poi un metodo standard di analisi dei dati acquisiti che permettesse l'eliminazione delle componenti acustiche derivanti da sorgenti occasionali e non pertinenti allo studio, come, ad esempio, quelle provenienti dall'interno dell'istituto stesso.

Il passo successivo ha riguardato la compilazione di una classifica di priorità per gli interventi di mitigazione e bonifica acustica delle varie strutture che presentavano il superamento dei limiti imposti dalla normativa vigente. Ciò è stato fatto impiegando gli strumenti matematici messi a disposizione dal legislatore, integrati con ulteriori valutazioni derivanti dalle osservazioni svolte durante i rilevamenti fonometrici.

Le valutazioni così condotte hanno permesso di evidenziare le strutture con maggiori criticità, quindi più bisognose di interventi, in modo da ottimizzare l'utilizzo dei fondi comunali destinati alle opere di risanamento dell'edilizia scolastica.

RILIEVI FONOMETRICI

La campagna di monitoraggio nelle scuole ha avuto una durata di circa cinque mesi, da ottobre 2004 e febbraio 2005, e ha riguardato 28 tra scuole materne, elementari e medie inferiori. La fase dei rilievi "sul campo" è stata preceduta da una fase "burocratica" di catalogazione dei vari plessi scolastici di proprietà del Comune di Parma raccogliendo informazioni relative a posizione, numero di studenti, orari di apertura, ecc.

Poiché per tutte le scuole monitorate la principale fonte di inquinamento acustico, e nella maggior parte dei casi l'unica,

si è dimostrato essere il rumore prodotto dal traffico veicolare sulle strade adiacenti, dal punto di vista normativo lo strumento di riferimento è stato il D.P.C.M. n° 142 del 30/3/2004, il cosiddetto “decreto strade”. In particolare si è fatto riferimento ai valori indicati nelle tabelle citate all’art. 6, da cui risulta come i limiti da rispettare per gli edifici scolastici sottoposti ad inquinamento acustico da traffico veicolare siano:

- 45 dB(A): all’interno degli edifici scolastici, limitatamente al periodo diurno;
- 50 dB(A): nelle aree cortilizie esterne, sempre limitatamente al periodo diurno;

Ovviamente i valori limite di immissione per il periodo notturno non risultano significativi in quanto l’attività all’interno dei plessi scolastici è limitata alle ore centrali del periodo diurno.

Procedura di rilevamento

I rilievi fonometrici nelle varie scuole monitorate sono stati condotti seguendo sempre la stessa procedura operativa: le sedute di misura prevedevano l’impiego contemporaneo di due fonometri per il rilievo simultaneo del clima acustico sia nell’area circostante l’edificio scolastico, che all’interno del plesso. Le misure fonometriche esterne sono state eseguite prendendo come tempo di riferimento l’orario di apertura della scuola, tipicamente dalle ore 7.30 alle ore 18.00. Ciò ha permesso di ottenere un dato il più omogeneo possibile con i valori limite di immissione per il periodo diurno contenuti nelle tabelle del “decreto strade”, riferiti al periodo compreso tra le ore 6.00 e le ore 22.00. In queste misure il microfono era posizionato ad una distanza di 1 m dalla facciata dell’edificio più esposta al rumore originato da sorgenti sonore esterne, come illustrato nella seguente figura.



Fig. 1 – Posizionamento del microfono per la misura esterna.

Per lo svolgimento delle misure interne, benché anche in questo caso la normativa fornisca dei valori limite di riferimento calcolati sull’intero periodo diurno, non è stato possibile eseguire campionamenti con durata estesa a tutto il periodo di apertura degli istituti; il motivo riguardava l’impossibilità di destinare un locale alla sola esecuzione della misura senza svolgervi altre attività che potessero pregiudicare il risultato del rilievo. Si è quindi ricorsi a misure “spot”, della durata di 15 minuti, condotte al centro di locali adiacenti al

punto di misura esterno, eseguite dopo l’orario di fine delle lezioni. Tali rilievi, in fase di post-elaborazione, hanno permesso di determinare il livello equivalente interno all’edificio esteso a tutto il periodo di apertura, quindi confrontabile con i valori limite di immissione riportati in legislatura.



Fig. 2 – Posizionamento del fonometro per la misura interna.

Durante le fasi di misura, si è anche provveduto a documentare con foto ed annotazioni sia la tipologia che lo stato di conservazioni dei serramenti. Inoltre è stata documentata anche la presenza e la posizione di eventuali aree cortilizie, normalmente utilizzate dagli alunni per attività didattiche o ludiche, rispetto alle principali strade e sorgenti sonore circostanti.

ELABORAZIONE DEI DATI FONOMETRICI

I rilievi fonometrici hanno fornito come risultato le misure delle seguenti grandezze:

LAeq-16h: livello equivalente in dB(A) ottenuto attraverso una misura eseguita ad 1 m dalla facciata dell’edificio scolastico, nel punto di maggior esposizione al rumore derivante da sorgenti sonore esterne al plesso, lungo tutto il periodo di apertura (dalle 7.30 alle 18.00 circa).

LAeq-B: livello equivalente in dB(A) ottenuto attraverso una misura eseguita al centro di un’aula, o altro locale destinato a scopi didattici o attività ludiche, adiacente al punto di misura esterno sopra citato, ad 1.5 m dal pavimento, per la durata di 15 minuti, contemporaneamente alla misura sopra descritta.

A causa delle ragioni già illustrate nel paragrafo precedente non è stato possibile eseguire un rilievo fonometrico all’interno degli istituti scolastici di durata pari a tutto il periodo di apertura. Pertanto solo attraverso una post-elaborazione delle misure spot *LAeq-B* “corrette” si è potuto determinare un livello equivalente *LAeq-int-16h* esteso a tutto il periodo diurno per i locali adibiti ad attività didattiche siti all’interno della struttura scolastica e maggiormente esposti al rumore.

Correzione della misura "spot" interna

Al fine di eliminare dalle misure eseguite all'interno dei locali (livello LAeq-B) tutti gli influssi derivanti da sorgenti sonore occasionali, come, ad esempio, i rumori prodotti nelle operazioni di pulizia delle aule si sono valutate tre possibili metodologie:

Metodo del livello di soglia. Si considerano provocate da sorgenti sonore interne all'edificio scolastico, quindi non pertinenti con l'indagine in svolgimento, tutti quegli istanti di misura in cui il valore del LAeq, espresso in dB(A), è superiore ad un livello di soglia, che può essere fissato in corrispondenza del livello percentile L3 o L4.

Questo metodo ha mostrato il limite di essere soggettivo: analizzando misure con pochi eventi "estranei" caratterizzati da livelli equivalenti molto superiori rispetto al livello ambiente, quindi con livelli L3 o L4 piuttosto alti, si corre il rischio di conservare istanti di misura che andrebbero invece scartati. Per contro, analizzando misure con numerosi eventi "estranei" ma con livelli paragonabili al livello caratterizzante il rumore ambiente, vi è la concreta possibilità di eliminare istanti di misura validi, in quanto la misura globalmente è caratterizzata da livelli L3 e L4 piuttosto bassi.

Metodo LAImax - LAFmax > 5 dB. La principale sorgente sonora interna alla scuola durante il periodo di svolgimento della misura è rappresentata dalle attività di pulizia dei locali. Analizzando le tipologie di rumori derivanti da questo tipo di attività, caratterizzate da istanti di relativa quiete intramezzati con rumori brevi ed intensi dovuti al trascinarsi dell'arredamento per le operazioni di spazzatura, è possibile individuare i rumori estranei sfruttando la differente risposta al fenomeno acustico delle costanti Fast ed Impulse. Impiegando il software Evaluator della B&K è stato possibile identificare tutti gli istanti di misura in cui la differenza LAImax-LAFmax risultava superiore ad un livello di soglia (fissato durante l'elaborazione a 5 dB), eliminandoli dal calcolo del livello LAeq-B.

Tuttavia anche in questo caso sono state evidenziate carenze da parte del metodo di elaborazione, riscontrando incongruenze, tra gli "istanti di misura" eliminati dal software e gli istanti, relativi ai disturbi estranei, annotati dal misuratore sul campo durante i rilievi. Il motivo riguarda le costanti di tempo; la costante Impulse, infatti, è caratterizzata da un tempo di salita molto ridotto (35 ms contro i 125 ms della costante Fast), ma da un tempo di discesa decisamente lento, pari a 1,5 secondi. Ciò causa differenze residue tra i livelli Impulse e Fast anche negli istanti di misura successivi alla fine dell'evento, portando così all'eliminazione di istanti di misura comunque validi.

Metodo del livello percentile L50. Come ultima ipotesi di analisi della misura "spot" interna si è utilizzato, al posto del LAeq-B ottenuto attraverso la "pulizia" del periodo di misura, il livello percentile L50 calcolato sull'intero tempo di misura, senza l'esclusione di istanti caratterizzati dal contributo di sorgenti estranee.

La scelta del livello L50 è stata fatta essendo questo indicatore statistico sufficientemente prossimo al valore del livello equivalente LAeq-B, ma al contempo immune alle influenze sulla misura di rumori brevi ed intensi, tipici delle attività di pulizia dei locali scolastici.

Calcolo del livello interno LAeq-int-16h

Partendo dai dati ottenuti dalle misurazioni fonometriche:

LAeq-16h: livello equivalente esterno, nel punto più rumoroso, misurato sulle 16 ore diurne;

LAeq-B: livello equivalente interno, misura di breve durata (15 minuti);

e definendo una Correzione Temporale:

$$C.T. = (LAeq-16h - LAeq)$$

dove:

LAeq: livello equivalente esterno, nel punto più rumoroso, misurato nel medesimo intervallo temporale di LAeq-B;

impiegando il livello LAeq-B "corretto" come descritto al paragrafo precedente risulta possibile calcolare il livello equivalente interno, *LAeq-int-16h*, calcolato sulle 16 ore diurne, come:

$$LAeq-int-16h = LAeq-B + C.T.$$

$$LAeq-int-16h = LAeq-16h - (LAeq - LAeq-B)$$

La tecnica di elaborazione ed i risultati del monitoraggio comparati con i limiti di legge sono mostrati nelle prossime figure.

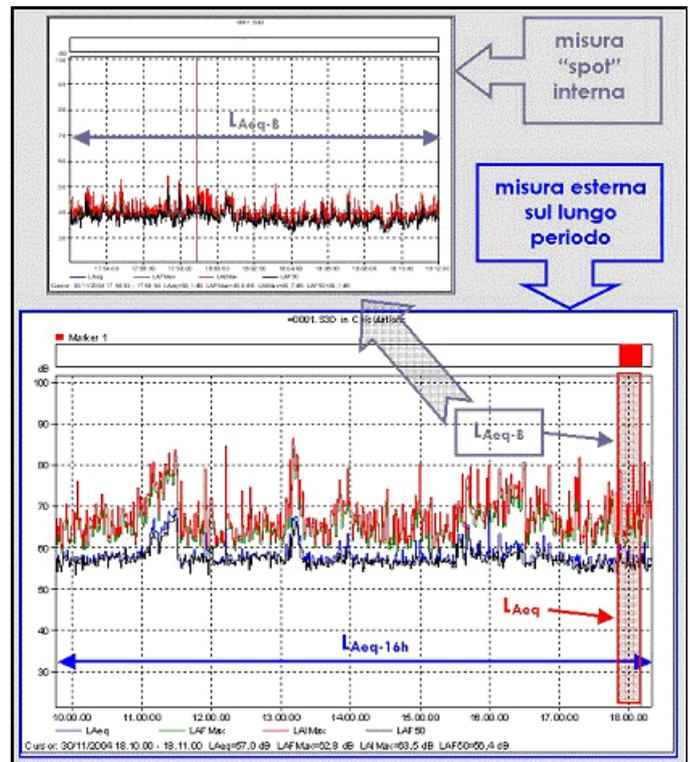


Fig. 3 - Schema descrittivo delle relazioni tra i tempi e le time-history di riferimento per la definizione di *LAeq-int-16h*, *LAeq-16h* e *LAeq*.

Denominazione	Grado	L _{Aeq-16h}	Valori Limite	L _{Aeq-int-16h}	Valori Limite
Baganzola	Materna	70.8	50	40.7	45
Beneceto	Materna	66.7	50	44.2	45
Carcagnano	Materna	57.8	50	36.7	45
San Paolo	Materna	62.3	50	43.1	45
Vigilante	Materna	65.7	50	35.6	45
Adorni	Elementare	62.3	50	43.1	45
Alberelli	Elementare	60.5	50	41.1	45
Carignano	Elementare	62.0	50	40.7	45
Cocconi	Elementare	67.5	50	39.8	45
Carazza	Elementare	62.0	50	38.4	45
Corridoni	Elementare	62.1	50	42.8	45
Don Milani	Elementare	64.4	50	46.5	45
Einaudi	Elementare	59.9	50	36.0	45
Fognano	Elementare	53.5	50	35.1	45
Martiri di Cefalonia	Elementare	57.3	50	39.9	45
Micheli	Elementare + materna	57.7	50	42.8	45
Pezani	Elementare	60.0	50	42.3	45
Porporano	Elementare	65.8	50	44.9	45
Racagni	Elementare	57.4	50	43.0	45
Rodari	Elementare	61.0	50	40.7	45
San Leonardo	Elementare + media	62.1	50	47.4	45
San Prospero	Elementare	68.2	50	38.6	45
Sanvitale	Elementare	61.6	50	46.0	45
Baganzola	Media	57.9	50	33.7	45
Ferrari	Media	59.5	50	40.6	45
Newton	Media	60.5	50	41.1	45
Salimbene	Media	61.6	50	46.0	45
Toscanini	Media	59.9	50	41.6	45

Fig. 4- Livelli sonori misurati - (ROSSO = superamento del valore limite di immissione uguale o superiore a 10 dB - GIALLO = superamento del valore limite di immissione inferiore a 10 dB - VERDE = rispetto del valore limite di immissione)

CALCOLO DEGLI INDICI DI PRIORITA'

La pianificazione dell'attività pluriennale di risanamento necessaria al conseguimento dei valori limite di immissione, richiama il D.M. 29/11/2000, che all'allegato 1, descrive le metodologie di calcolo dell'Indice di Priorità degli interventi di risanamento. L'Indice di Priorità degli interventi di risanamento, P è dato dalla seguente formula, dove L*_i rappresenta il limite di legge mentre R nel caso degli edifici scolastici risulta pari a 3:

$$P = \sum R_i (L_i - L_{*i}) \quad \text{per } (L_i - L_{*i}) < 0 \quad P (L_i - L_{*i}) = 0$$

Indice di Priorità Interno

Riscrivendo l'equazione per il caso in esame e applicando i limiti indicati nel D.P.C.M. n° 142 del 30/03/04 (L*_i = 45 dB), la formula diventa:

$$\text{Indice Priorità Interno } (P_{int}) = 3 \cdot (N^\circ \text{ alunni}) \cdot (L_{Aeq-int-16h} - 45)$$

Dopo aver eseguito il calcolo degli indici di priorità P_{int} degli interventi di mitigazione per l'inquinamento dei locali adibiti ad attività didattica per tutte le scuole, seguendo le indicazioni fornite dall'allegato 1 al D.M. 29/11/2000, si è intrapresa una seconda analisi, aggiungendo un ulteriore parametro di valutazione nel processo di definizione di P_{int}.

Durante i sopralluoghi per lo svolgimento delle rilevazioni fonometriche, si è verificato come in diversi edifici scolastici i serramenti presentassero carenze a volte anche importanti, come l'assenza di vetri di adeguato spessore o una insufficiente tenuta di chiusura.

Si è quindi deciso di inserire nel calcolo dell'Indice di Priorità degli interventi di bonifica, un parametro che permettesse di considerare lo stato dei serramenti (inteso come valutazione d'insieme della qualità costruttiva e dello stato di conservazione).

Il metodo adottato prevede l'introduzione di un parametro denominato "Massimo Livello Correttivo" (MLC), da sommare algebricamente a L_{Aeq-int-16h}, secondo una scala di valutazione del serramento, strutturata su cinque livelli di giudizio.

Nella tabella sottostante, viene illustrato schematicamente il metodo di pesatura di L_{Aeq-int-16h} attraverso l'uso di MLC.

Massimo Livello Correttivo (MLC): 5 dB			
Scala di valutazione del serramento e del suo stato di conservazione			
Livello di Giudizio	Percentuale di pesatura del MLC	Valore da sommare al L _{Aeq-int-16h}	L* _{Aeq-int-16h}
Pessime	1.00	5.00	L _{Aeq-int-16h} + 5.00
Scarse	0.80	4.00	L _{Aeq-int-16h} + 4.00
Insufficienti	0.25	1.25	L _{Aeq-int-16h} + 1.25
Sufficienti	0.00	0.00	L _{Aeq-int-16h}
Buone	-0.80	-4.00	L _{Aeq-int-16h} - 4.00
Ottime	-1.00	-5.00	L _{Aeq-int-16h} - 5.00

Tabella 1 - schema di pesatura di L_{Aeq-int-16h}

Dopo aver deciso di assegnare ad MLC il valore di 5 dB, ad ogni livello di giudizio attribuibile allo stato del serramento è stata abbinata una percentuale di MLC poi sommata algebricamente al valore di L_{Aeq-int-16h}, così da ottenere L*_{Aeq-int-16h}.

Quando il serramento è in buone condizioni, il livello L*_{Aeq-int-16h} è inferiore a L_{Aeq-int-16h} cosicché, a parità di numero di alunni, l'indice di priorità interno P*_{int} risulta inferiore rispetto a P_{int}.

Al contrario, nel caso di serramenti scadenti, il valore di L*_{Aeq-int-16h} risulta superiore a L_{Aeq-int-16h}, così da ottenere, per l'istituto in esame, un Indice di Priorità più elevato, quindi una maggior possibilità di vedere realizzato l'intervento di bonifica in tempi ridotti.

È possibile definire un nuovo Indice di Priorità Interno Corretto, P*_{int}:

$$\text{Ind. Prior. Int. Corr. } (P_{int}^*) = 3 \cdot (N^\circ \text{ alunni}) \cdot (L_{Aeq-int-16h}^* - 45)$$

I risultati del calcolo degli Indici sono mostrati in Tabella 2.

Indice di Priorità Esterno

Per il calcolo dell'Indice di Priorità degli interventi di mitigazione dell'inquinamento acustico nelle aree cortilizie destinate ad attività ludiche o didattiche si è proceduto in modo del tutto simile a quanto fatto per gli indici relativi ai locali interni.

Come nel caso precedente è possibile riscrivere la formula riportata sul decreto ministeriale, adattandola al caso in esame:

$$\text{Indice Prior. Esterno } (P_{est}) = 3 \cdot (N^\circ \text{ alunni}) \cdot (L_{Aeq-16h}^* - 50)$$

dove 50 dB(A) rappresenta il valore limite di immissione previsto dalla Tabella C del D.P.C.M. 14/11/1997 (valori limite di immissione per le classi della zonizzazione acustica) per le aree di classe 1, ivi compresi gli istituti scolastici.

Nella seguente Tabella 2 sono illustrati gli Indici di Priorità Esterni calcolati per ciascun istituto.

Denominazione	Grado	N° Alunni iscritti A.S. 2004/05	L _{Aeq-int-16h}	Indice di priorità P _{int}	Condizione serramenti	L* _{Aeq-int-16h}	Indice di priorità P _{int} *	L _{Aeq-16h}	Cortile interno e/o protetto	Indice di priorità P _{est}
Baganzola	Materna	93	40.7	0	ottime	35.7	0	57.9	no	2232
Beneceto	Materna	51	44.2	0	ottime	39.2	0	66.7	no	2601
Corcagnano	Materna	56	36.7	0	ottime	31.7	0	57.8	no	1344
San Paolo	Materna	51	43.1	0	buone	39.1	0	62.3	interno	1836
Vigolante	Materna	88	35.6	0	ottime	30.6	0	65.7	no	4224
Adorni	Elementare	159	43.1	0	buone	39.1	0	62.3	interno	5724
Albertelli	Elementare	377	41.1	0	pessime	46.1	1131	60.5	protetto	12441
Carignano	Elementare	76	40.7	0	buone	36.7	0	62.0	no	2736
Cocconi	Elementare	137	39.8	0	scarse	43.8	0	67.5	no	7398
Corazza	Elementare	566	38.4	0	insufficienti	39.7	0	62.0	no	20376
Corridoni	Elementare	194	42.8	0	scarse	46.8	1164	62.1	protetto	6984
Don Milani	Elementare	439	46.5	2634	pessime	51.5	9219	64.4	no	18438
Einaudi	Elementare	515	36.0	0	ottime	31.0	0	59.9	no	15450
Fognano	Elementare	110	35.1	0	ottime	30.1	0	53.5	protetto	1320
Martiri di Cefalonia	Elementare	192	39.9	0	scarse	43.9	0	57.3	interno	4032
Micheli	Elementare + materna	207 (179+28)	42.8	0	pessime	47.8	1863	57.7	no	4968
Pezzani	Elementare	356	42.3	0	scarse	46.3	1068	60.0	interno	10680
Porporano	Elementare	107	44.9	0	insufficienti	46.2	321	65.8	no	5136
Racagni	Elementare	290	43.0	0	pessime	48.0	2610	57.4	no	6090
Rodari	Elementare	237	40.7	0	ottime	35.7	0	61.0	no	7821
San Leonardo	Elementare + media	409 (220+189)	47.4	2454	sufficienti	47.4	2454	62.1	protetto	14724
San Prospero	Elementare	84	38.6	0	ottime	33.6	0	68.2	no	4536
Sanvitale	Elementare	300	46.0	900	pessime	51.0	5400	61.6	interno	10800
Baganzola	Media	116	33.7	0	buone	29.7	0	70.8	no	7308
Ferrari	Media	405	40.6	0	sufficienti	40.6	0	59.5	no	12150
Newton	Media	393	41.1	0	pessime	46.1	1179	60.5	protetto	12969
Salimbene	Media	407	46.0	1221	pessime	51.0	7326	61.6	interno	14652
Toscanini	Media	360	41.6	0	ottime	36.6	0	59.9	no	10800

Tabella 2 – Classificazione degli istituti scolastici secondo gli Indici di Priorità.

Si è verificato più volte come il punto di misura esterno, utilizzato per la definizione di LAeq-16h, fosse collocato in prossimità ad importanti arterie della viabilità locale, mentre gli spazi destinati agli alunni, per lo svolgimento delle attività all'aperto, fossero collocati in un'area cortilizia chiusa. Si è pertanto provveduto a definire due diversi livelli di giudizio:

interno: quando il cortile è fisicamente separato dalle principali sorgenti sonore ed infrastrutture stradali circostanti la struttura scolastica, attraverso, ad esempio, l'interposizione di edifici o altre strutture con elevato potere fonoisolante;

protetto: nel caso in cui l'area cortilizia a disposizione degli alunni non sia "interna" (secondo la definizione appena fornita), ma sia comunque in una posizione decentrata rispetto al punto di misura esterno. È il caso di aree cortilizie poste a grande distanza dalle sorgenti sonore o di plessi scolastici compresi tra due strade, di cui una ad elevato traffico veicolare e l'altra di servizio ad un quartiere residenziale, quindi a ridotto traffico, e su cui è affacciato l'area cortilizia destinata agli alunni.

Queste informazioni sono riportate in una apposita colonna della Tabella 2.

CONCLUSIONI

Il lavoro di monitoraggio svolto ha permesso la catalogazione e caratterizzazione acustica degli istituti scolastici di proprietà del Comune di Parma.

La metodologia per il calcolo dell'Indice di Priorità Interno, così come definita nel Decreto, è stata corretta al fine di considerare il comportamento dei serramenti presenti nel plesso scolastico. L'introduzione di un nuovo parametro "Massimo Livello Correttivo" ha fornito, quindi, una valutazione più realistica della priorità degli interventi da effettuare, privilegiando strutture con serramenti poco efficienti ed elevato numero di alunni.

Applicando la stessa metodologia si è provveduto a calcolare l'Indice di Priorità Esterno.

Dall'analisi dei risultati appare evidente come il problema dell'inquinamento acustico delle aree cortilizie negli istituti scolastici (ma in generale di tutte le aree aperte frequentate da persone all'interno dei centri urbani) sia decisamente più esteso rispetto a quanto accade per i locali interni agli edifici.

Se nel caso dell'indice di priorità P_{int} , ed anche per P^*_{int} , la necessità di interventi di mitigazione dell'inquinamento acustico era limitata ad un numero ristretto di istituti (P^*_{int} era significativo per 11 scuole, mentre P_{int} era maggiore di 0 solo per 4, su un totale di 28 istituti), in questo caso, tutte le scuole monitorate fanno segnare un indice di priorità P_{est} maggiore di zero, il che significa un superamento dei valori limite di immissione imposti, con conseguente necessità di interventi di bonifica.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. D.P.C.M. 1 marzo 1991, *Limiti massimi di emissione negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*, G.U. serie generale n°57, 8/3/1991.
2. Legge n°447 26 ottobre 1995, *Legge quadro sull'inquinamento acustico*, G.U. serie generale n° 254, supplemento ordinario n° 125, 30/10/1995.
3. D.P.C.M. 14 novembre 1997, *Determinazione dei valori*

limite delle sorgenti sonore, G.U. serie generale n° 280, 1/12/1997.

4. D.M. dell'Ambiente 16 marzo 1998, *Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*, G.U. serie generale n° 76, 1/4/1998.
5. D.M. dell' Ambiente 29 novembre 2000, *Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore*, G.U. serie generale n° 285, 6/12/2000.
6. L.R. n° 15/2001, *Disposizioni in materia di inquinamento acustico*, BURER n°155, 31/10/2001.
7. Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 25 giugno 2002, *Determinazione e gestione del rumore ambientale*, GUCE L 189/12, 18/7/2002, Bruxelles.
8. D.P.R. n° 142, 30 marzo 2004, *Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447*, G.U. serie generale n° 127, 1/6/2004.